

KOREAN PATENT ABSTRACT (KR)

Patent Laid-Open Gazette

(51) IPC Code: H01L 21/31

(11) Publication No.: P2001-0098378

(43) Publication Date: 08 November 2001

(21) Application No.: 10-2000-0078658

(22) Application Date: 19 December 2000

(30) Priority Claimed: 10-2000-0022737 28 April 2000 Korea

(71) Applicant:

LG Chem Investment, Ltd.: Jae-gap Seong
20 Yeouido-dong, Yeongdeungpo-gu, Seoul, Korea

(72) Inventor:

Ko, Min-Jin
Nam, Hye-Yeong
Shin, Dong-Seok
Moon, Myung-Sun
Kang, Jung-Won

(54) Title of the Invention: Method of preparing low dielectric insulating material

Abstract:

Provided are a low dielectric material essential for a semiconductor having high density and high performance of the next generation and a method of preparing a porous low dielectric interlayer insulating film having pores of a few nanometers or less in size. The method of preparing a porous ultra-low-dielectric interconnection interlayer insulating film includes: a) preparing a mixed complex of capping organic molecules and a matrix resin, b) coating the mixed complex on a substrate and hardening the result, and c) applying heat, light, or heat and light to the hardened result to remove the organic molecules, thereby forming pores in the complex. The porous ultra-low-dielectric interconnection interlayer insulating film has reduced phase-separation so that its productivity and mechanical physical property increase, an isotropic structure and very small pores of a few nanometers or less in size.

특2001-0098378

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.
H01L 21/31

(11) 공개번호 특2001-0098378
(43) 공개일자 2001년11월06일

(21) 출원번호 10-2000-0078659
(22) 출원일자 2000년12월19일
(30) 우선권주장 1020000022737 2000년04월28일 대한민국(KR)
(71) 출원인 주식회사 엘지씨아이 (정재갑)
서울시영등포구여의도동20번지
(72) 발명자 고민진
서울특별시강남구개포동주공아파트603동1202호
남혜영
충청북도청주시공덕구북대2동보성아파트103동407호
신동석
서울특별시송파구신천동17-2시영아파트48동207호
문명선
대전광역시서구둔산2동동지아파트104동1306호
강정원
서울특별시노원구하계동극동아파트2동306호
(74) 대리인 송만호, 유미특허법인(대표이사김원호송만호)

심사청구 : 있음

(54) 자유전 절연재료의 제조방법

요약

본 발명은 고밀도, 고성능의 차세대 반도체 소자에 필수적인 자유전 물질에 관한 것으로, 특히 수 나노미터 크기 이하의 기공을 함유한 다공성 자유전 층간 절연막의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명은 이를 위하여, 반도체 소자의 다공성 초자유전 배선 층간 절연막의 제조방법에 있어서, a) 캡핑 유기분자와 매트릭스 수지의 혼성 복합체를 제조하는 단계; b) 상기 혼성 복합체를 피착체에 코팅하고 경화하는 단계; 및 c) 상기 혼성 복합체에 열, 빛, 또는 열과 빛을 함께 가하여 유기 분자를 제거하여 복합체 내에 기공을 형성시키는 단계를 포함하는 다공성 초자유전 배선 층간 절연막의 제조방법을 제공한다.

본 발명의 방법으로 제조되는 다공성 초자유전 배선 층간 절연막은 상분리 현상이 억제되어 공정성과 기계적 물성이 우수하고, 미소트로픽 구조를 가지며, 분자 크기의 매우 작은 기공을 갖는 초자유전성 절연막이다.

백인어

다공성 자유전 층간 절연막, 캡핑 유기분자, 매트릭스 수지, 혼성 복합체, 기공, 상분리, 유기 폴리 실리콘 케이트, 열분해

영세서

본 발명의 상세한 설명

본 발명의 목적

본 발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 고밀도, 고성능의 차세대 반도체 소자에 필수적인 자유전 물질에 관한 것으로, 특히 수 나노미터 크기 이하의 기공을 함유한 다공성 자유전 층간 절연막의 제조방법에 관한 것이다.

최근 반도체 소자의 집적도가 증가하면서 소자 내부를 연결하는 도선의 선폭이 급속하게 줄어들고 있으며, 2003년경에는 0.1 μm 의 회로 선폭을 이용한 고밀도의 소자가 개발될 것으로 예상된다. 일반적으로 반도체 소자의 속도는 트랜지스터의 스위칭 속도와 시그널(signal)의 전달 속도에 비례하고, 시그널의 전달 속도는 배선물질의 저항과 층간 절연막의 정전용량의 곱으로 표시되는 RC 지연(delay)에 의하여 결정된다. 반도체 소자의 집적도가 높아지면 소자내부를 연결하는 금속선의 길이가 기하급수적으로 증가하며, 고밀도 집성의 속도는 스위칭 속도보다는 RC 지연에 의하여 결정된다. 따라서 고속

의 절연 제조하기 위해서는 저항이 작은 도체와 유전율이 낮은 절연층을 사용해야 한다. 또한 저유전 물질의 사용은 반도체 소자의 속도 증가뿐만 아니라, 소비전력을 낮출 수 있고, 금속 배선간의 상호 간섭(cross-talk) 현상을 현저히 감소시킬 수 있다.

최근 1μm에서 종래의 알루미늄 배선을 사용하지 않고, 전기 저항도가 높은 구리 배선을 사용하여 30% 이상의 성능 향상을 보인 사례를 출사한 바 있다. 반면에 저유전 물질을 적용한 반도체 소자는 적절한 소재 개발의 미비로 아직 시제품이 출시되어 있지 않은 상태이다.

현재 반도체 소자 제작에 사용되는 절연재료는 유전상수가 4.0 인 SiO₂가 대부분이며, 저유전 물질로 F-SiO₂가 일부 소자에 적용되고 있다. F-SiO₂의 경우 F의 함량이 6 중량% 이상일 경우 열적으로 불안정한 상태가 되어 0.5 이하의 유전상수를 얻을 수 없는 단점이 있다. 유전 상수가 3.0 이하 2.5인 절연재료는 극성이 낮고 고온에서 열적으로 안정한 유기 고분자와 유기 실리콘계 고분자들이 있으며, 이를 이용한 소자 제작이 진행 중이다. 저저항 고성능 고밀도의 소자 개발을 위하여 유전 상수 2.5 이하의 낮은 유전율을 갖는 중간 절연 재료의 개발이 필수적이며, 이를 위해 유전상수가 3.0에서 2.5인 물질에 유전 상수가 1인 공기를 도입하는 것이 요구된다.

공기를 도입하여 절연성을 낮추는 종래의 기술은 1μm 유기실리콘계트와 하이퍼 브랜치드 고분자를 사용하는 것이다. 이 경우 먼저 경화 과정을 통하여 유기 무기 하이브리드를 제조하고 고온에서 유기 고분자를 제거함으로써 유전 상수 2.2 이하의 다공성 초저유전 배선 층간 절연막의 제조방법을 제공하였다. 하지만 기공 형성을 위하여 사용된 고분자가 매트릭스 수지와의 상용성이 떨어져 상분리 합자가 커지기 쉽고, 고분자 함량이 많아지면 쉽게 불투명 막이 형성된다. 또한 고분자를 사용함으로써 매우 작은 기공을 형성하기 어렵고, 밀접 분자량을 가지는 고분자를 얻기가 쉽지 않아서 분자량 분포로 인하여 균일한 크기의 기공을 형성하기 어렵다.

다우 코닝에서는 기공 형성을 위하여 유기고분자 대신 고 비점의 용매를 사용하였다. 이 경우 경화 반응을 거치는 동안에 고 비점의 용매가 나노 크기로 상분리되고 이차 경화 반응을 거치는 동안에 고 비점의 용매가 증발하여 기공을 형성하는 방법이다. 하지만 이 방법은 경화 과정 중 고 비점 용매를 상분리하기 위한 공정의 제어가 어렵고, 형성된 기공이 연결된 구조(interconnect pore)를 갖는다.

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기 종래기술의 문제점을 고려하여, 반도체 소자의 고속화와 소비 전력량 감소가 가능하며, 금속 배선의 상호 간섭 현상을 현저히 줄일 수 있는 초저유전 배선 층간 절연막의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 발명의 다른 목적은 수 나노미터 크기 이하의 균일한 기공을 함유한 초저유전 배선 층간 절연막의 제조방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 구성 및 작용

본 발명은 상기 목적을 달성하기 위하여, 반도체 소자의 다공성 초저유전 배선 층간 절연막의 제조방법에 있어서,

- a) 캡핑 유기분자와 매트릭스 수지의 혼성 복합체를 제조하는 단계;
- b) 상기 혼성 복합체를 피막체에 코팅하고 경화하는 단계; 및
- c) 상기 혼성 복합체에 열, 빛, 또는 열과 빛을 함께 가하여 유기 분자를

제거하여 복합체 내에 기공을 형성시키는 단계

를 포함하는 다공성 초저유전 배선 층간 절연막의 제조방법을 제공한다.

또한 본 발명은 상기 제조방법에 의해 제조되는 반도체 소자의 금속 배선 층간 절연막을 제공한다.

또한 본 발명은 상기 제조방법에 의해 제조되는 반도체 소자의 금속 배선 층간 절연막을 포함하는 반도체 소자를 제공한다.

이하에서 본 발명을 상세하게 설명한다.

본 발명에서 제조하고자 하는 저유전 물질은 고분자 물질이 아닌 캡핑 유기 분자를 매트릭스 수지와 반응시켜 혼성 복합체를 만들고, 캡핑 유기 분자를 열, 또는 빛으로 분해시켜 제거함으로써 기공을 형성시키는 방법이다. 이 방법은 종래의 방법보다 상분리 현상이 억제되어 공정성과 기계적 특성이 우수하고, 이 소트로픽 구조를 가지며, 수 나노 이하의 크기가 매우 작은 유기 분자를 사용하기 때문에 매우 작은 기공을 가지는 절연막을 형성할 수 있다.

금속 배선 층간 저유전 절연막은 매트릭스 수지인 유기 실리콘계트와 기공 형성 유기 분자를 사용하여 스펀 코팅 방법으로 제조하고 경화 공정과 유기 분자 분해 공정 두 단계를 거쳐 제조한다. 그 일반적인 방법으로는 상온에서 층을 만들고자 하는 물질 위에 원하는 두께로 코팅한다. 이때 코팅의 두께는 유기 실리콘계트와 기공 형성 유기 분자의 양과 스펀 속도로 조절할 수 있다. 코팅 후에는 상온에서 150~350℃ 까지 일정한 속도로 승온시킨 다음 0.5~2 시간 동안 유지시켜 기공 형성 유기분자를 함유한 복합체 절연막을 제조한다. 이를 다시 350~450℃까지 일정한 속도로 승온시킨 다음, 그 온도에서 0.5~2 시간 유지시킨다. 이때 유기분자가 열분해 되어 밖으로 나오고 유기 분자가 차지하는 부분이 기공으로 형성된다. 또한 경화 공정에서 일정 시간 유지하지 않고 상온에서 분해 공정온도까지 일정 속도로 승온시킨 다음 일정 시간 유지시켜 다공성 절연막을 제작할 수 있다. 기공의 크기는 열분해 되는 유기분자의 크기와 사용한 매트릭스 수지인 유기 실리콘계트로 조절이 가능하며 일반적으로 수 나노미터 이하 크기의 매우 작은 기공을 형성할 수 있고, 상분리 현상이 적어 공정성이 매우 우수하다.

본 발명에서 사용 가능한 매트릭스 수지는 실리콘, 탄소, 산소, 수소로 구성된 실란 모노머 또는 이로부터 제조되는 유기 폴리 실리케이트 고분자이다. 바람직하게는 하기 화학식 1로 표시되는 화합물, 또는 이로부터 제조되는 폴리 실록산 유기 실리케이트 고분자, 또는

하기 화학식 1로 표시되는 화합물, 하기 화학식 2로 표시되는 화합물, 하기 화학식 3으로 표시되는 화합물, 및 하기 화학식 4로 표시되는 화합물로 이루어진 군으로부터 단독 또는 두 성분 이상을 일정한 비율로 혼합하여 제조한 실란 화합물, 또는 이로부터 제조되는 공중합체의 유기 실리케이트 고분자이다.

[화학식 1]

$RSiX_3$

[화학식 2]

$RSiX_2$

[화학식 3]

SiX_4

[화학식 4]

$ZSi-HSiZ_2$

상기 화학식 1, 2, 3 및 4의 식에서,

R은 가수분해가 일어나지 않는 그룹의 알킬 또는 페닐이거나 수소이고,

X는 가수분해가 가능한 그룹으로 염소, 알콕시, 또는 아세톡시 등이며,

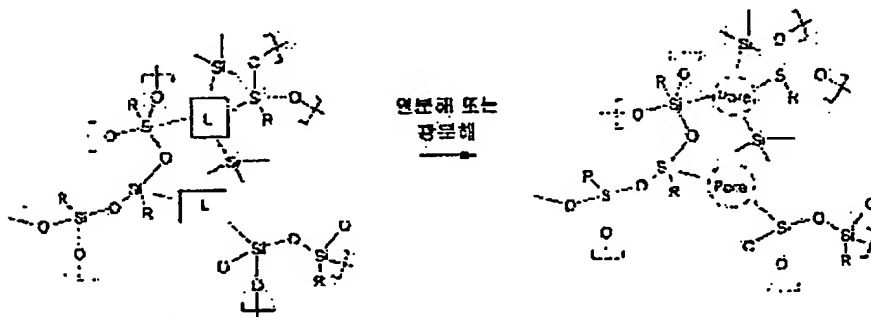
Z는 각각 R 또는 X이고, 최소한 X가 각 실리콘에 1 개 이상 있고,

H는 탄소수 1~6의 알킬렌, 또는 페닐과 같은 알릴이다.

본 발명에서 사용된 기공 형성 물질인 캐핑 유기분자는 200~450 °C에서 분해가 가능한 유기분자로, 분자 말단에 실란 캡핑이 가능한 관능기(하이드록시, 비닐, 아민 또는 카복실릭 에식드 등을 최소한 1 개 이상 갖는 것이다. 캐핑에 사용되는 실란은 일반 실란 화합물로, 유기 분자 말단과 반응 할 수 있는 관능기를 갖는 알콕시실란, 알릴알콕시 실란, 클로로실란, 클로로알킬실란 등 이다. 캐핑된 분자는 유기 폴리 실리케이트와 혼합하여 사용하거나, 유기 폴리 실리케이트 제조시 첨가하여 공중합체로 만들어 사용할 수 있다.

아래에서 본 발명에 의하여 제조된 기공 형성 유기분자를 함유한 복합 절연재와 기공형성을 하기 구조식 1에 나타내었다.

[구조식 1]



상기 식에서, L은 기공 형성을 유기 분자이다.

이하의 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 단, 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것이지 이들만으로 한정하는 것이 아니다.

[실시예]

실시예 1

20 ml의 테트라하이드로 푸란 용매에 메틸트리메톡시 실란 6.6 ml와 물 0.66 ml를 섞은 후, 잘소 하여서 하이드로클로린산 1.5 ml를 천천히 첨가하였다. 30 분간 실온에서 반응시키고 다시 온도를 80 °C로 올린 후, 가열 환류시키면서 5 시간 동안 반응시켰다. 반응 후 용액은 뿌옇게 변하고 이 용액을 다시 실온으로 내린 후 톨루엔 용매로 희석하고, 물로 4가 중성이 될 때까지 씻어 주었다. 얻어진 유기 용은 진공 오븐에서 유기용매를 완전히 제거하였다.

상기 방법으로 합성한 편색의 메틸실세스퀴옥산 폴리머 파우더를 메틸이소 부틸 키톤 용매에 완전히 녹인 후, 이 용액에 트리소[3-(트리메톡시실릴)프로필]아소시아누레이트를 메틸실세스 퀴옥산에 대한 무게비로 1.0배 녹였다. 전체 용액의 농도는 20 내지 24 중량%로 맞추어 주었다.

이 용액을 충분히 섞은 후, 전처리한 실리콘 웨이퍼 위에 1000 rpm에서 10초, 3000 rpm에서 20 초로 스핀

코팅하고 100 °C에서 120 초간 프리베이킹(prebake)하였다. 이렇게 용매를 제거한 스피온(spin-on) 필름을 질소분위기 하의 로(furnace)에서 분당 3 °C씩 200 °C와 450 °C까지 올리고 각 온도에서 120 분간 유지하여 경화 공정 및 유기 분자 분해 공정을 거쳐 절연막을 얻었다.

FT-IR로 유기분자의 소멸을 확인하여 기공(pore) 생성여부를 간접적으로 확인한 후, 경화된 필름의 굴절률 및 기공의 크기를 엘립소미터와 TEM으로 각각 관찰 하고 상분리 여부는 200 °C에서 경화한 필름의 상태를 광학 현미경으로 관찰하였다.

유기 분자를 함유하지 않은 폴리메틸실세스퀴옥산 경화 필름의 굴절률 값은 1.37이다.

실시예 2

15 ml의 테트라하이드로-퓨란 용매에 5.73 g의 메틸트리메톡시실란과 1.14 g의 비스트리메톡시실릴에탄을 섞은 후, 질소 하에서 온도를 0 °C로 낮춘 후 충분히 섞어 주었다. 이 혼합용액에 50.7 ml의 하이드로클로린산을 1.62% 중류수에 묶힌 수용액을 천천히 첨가해 주었다. 약 30 분 후 온도를 70 °C 정도로 올린 후 가열 관류시키면서 36 시간 동안 반응시켰다. 12 시간 정도 반응시키면 용액은 부옐 상태가 되며 이후로는 부옐 상태의 정도가 달라지지 않았다. 이 용액을 다시 실온으로 내린 후 톨루엔 용액으로 희석하고 물로 pH가 중성이 될 때까지 씻어주었다. 얻어진 유기층은 진공 오븐에서 유기용매를 완전히 제거하였다.

상기 방법으로 합성한 흰색의 메틸트리메톡시실란/비스트리메톡시실릴에탄 코폴리머 파우더를 메틸 이소부틸론 용매에 완전히 녹인 후, 이 용액에 트리스[3-(트리메톡시실릴)프로필]미소시아누레이드를 코폴리머(copolymer)에 대한 무게비로 1.0 배 녹였다. 전체 용액의 농도는 20 내지 24 중량%로 맞추어 주었다.

이 용액을 충분히 섞은 후 전처리한 실리콘 웨이퍼 위에 1000 rpm에서 10 초, 3000 rpm에서 20 초로 스피온 코팅한 후, 100 °C에서 120 초간 프리베이킹(prebake)하였다. 이렇게 용매를 제거한 스피온(spin-on) 필름을 질소분위기 하의 로(furnace)에서 분당 3 °C씩 200 °C와 450 °C까지 올리고 각 온도에서 120 분간 유지하여 경화 공정 및 유기 분자 분해 공정을 거쳐 절연막을 얻었다.

FT-IR로 유기분자의 소멸을 확인하여 기공(pore) 생성여부를 간접적으로 확인한 후, 경화된 필름의 굴절률 및 기공의 크기를 엘립소미터와 TEM으로 각각 관찰 하고 상분리 여부는 200 °C에서 경화한 필름의 상태를 광학 현미경으로 관찰하였다.

유기 분자를 함유하지 않은 순수한 메틸트리메톡시실란/비스트리메톡시실릴에탄 코폴리머 경화 필름의 굴절률 값은 1.38이다.

실시예 3

펜타에리트를 테트라아크릴레이트(테트라) 1.5 g에 백금촉매(Kartedt cat.) 20 μl를 첨가하여 약 15 분 동안 반응시킨 후, 트리메톡시실란 (HTMS) 4.0 μl를 첨가하여 10 시간 정도 반응시켰다. 반응은 NMR 스펙트럼으로 확인하고 남아있는 실란은 45 °C, 진공 하에서 제거하였다.

생성물에 우선 테트라하이드로퓨란 20 ml와 HTMS 5.9 ml를 첨가하여 용액이 투명할 때까지 교반시킨 후, 여기에 물 0.2 ml와 0.2 M의 하이드로클로린산 1.45 ml를 주사기를 이용하여 천천히 첨가하였다. 이때 사용된 테트라에의 양은 전체 질량의 10 %정도를 차지한다. 실온에서 6 시간정도 반응시켰다. 반응 후 톨루엔으로 희석시킨 후 물로 pH가 중성이 될 때까지 씻어주었다. 얻어진 유기 층은 유기용매를 진공 오븐에서 완전히 제거하였다.

상기 방법으로 합성한 흰색 파우더를 메틸 이소부틸론 용매에 완전히 녹인 후 이 용액에 트리스[3-(트리메톡시실릴)프로필]미소시아누레이드를 무게 비 1:1로 섞어서 농도가 20 내지 24 중량%인 용액을 제조하였다.

이 용액을 충분히 섞은 후 전처리한 실리콘 웨이퍼 위에 1000 rpm에서 10 초, 3000 rpm에서 20 초로 스피온 코팅한 후, 100 °C에서 120 초간 프리베이킹(prebake)하였다. 이렇게 용매를 제거한 스피온(spin-on) 필름을 질소분위기 하의 로(furnace)에서 분당 3 °C씩 200 °C와 450 °C까지 올리고 각 온도에서 120 분간 유지하여 경화 공정 및 유기 분자 분해 공정을 거쳐 절연막을 얻었다.

FT-IR로 유기분자의 소멸을 확인하여 기공(pore) 생성여부를 간접적으로 확인한 후, 경화된 필름의 굴절률 및 기공의 크기를 엘립소미터와 TEM으로 각각 관찰 하고 상분리 여부는 200 °C에서 경화한 필름의 상태를 광학 현미경으로 관찰하였다.

상기 실험 결과들은 표 1에 나타내었다.

[표 1]

구 분	광학 현미경 관찰	TEM 관찰	굴절률
실시예 1	투명	>5nm 이상 pore 없음	1.33
실시예 2	투명	>5nm 이상 pore 없음	1.318
실시예 3	투명	>5nm 이상 pore 없음	1.312

상기 표 1에서 보듯이, 합성된 유기 분자를 함유한 유기실리케이트 고분자로 박막을 제조할 경우 경화 공정 중 상 분리 현상이 없고 열분해로 형성된 기공의 크기가 전자 현미경으로 관찰이 안 되는 수 나노 이하의 매우 작은 기공을 갖는 저 유전 물질을 형성할 수 있음을 알 수 있다.

본 발명의 방법으로 제조되는 다공성 초저유전 배선 층간 절연막은 상분리 현상이 억제되어 공정성과 기계적 특성이 우수하고, 이소트로픽 구조를 가지며, 분자 크기의 매우 작은 기공을 갖는 초저유전성 절연막이다.

(5) 청구의 범위

청구항 1

반도체 소자의 다공성 초저유전 배선 층간 절연막의 제조방법에 있어서,

- a) 캡핑 유기분자와 매트릭스 수지의 혼성 복합체를 제조하는 단계;
- b) 상기 혼성 복합체를 피막체에 코팅하고 경화하는 단계; 및
- c) 상기 혼성 복합체에 열, 빛, 또는 열과 빛을 함께 가하여 유기 분자를 제거하여 복합체 내에 기공을 형성시키는 단계

를 포함하는 다공성 초저유전 배선 층간 절연막의 제조방법;

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 a)단계의 혼성 복합체는 캡핑 유기 분자와 매트릭스 수지의 혼합물인 다공성 초저유전 배선 층간 절연막의 제조방법;

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 a)단계의 혼성 복합체는 캡핑 유기 분자와 매트릭스 수지의 공중합체인 다공성 초저유전 배선 층간 절연막의 제조방법;

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 a)단계의 캡핑 유기분자는 분해온도가 200~450 °C이고, 분자 말단에 실란 커플링이 가능한 하이드록시, 비닐, 아민, 및 카복실릭 에시드로 이루어진 군으로부터 1 종 이상 선택되는 관능기를 적어도 1 개 이상 가지는 유기 분자인 다공성 초저유전 배선 층간 절연막의 제조방법;

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 a)단계의 매트릭스 수지가 실리콘, 탄소, 산소, 수소를 포함하는 실란 모노머 또는 이로부터 제조되는 유기 플리 실리케이트 고분자인 다공성 초저유전 배선 층간 절연막의 제조방법;

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 매트릭스 수지가

하기 화학식 1로 표시되는 화합물, 또는 이로부터 제조되는 폴리 실록산 유기 실리케이트 고분자; 또는 하기 화학식 1로 표시되는 화합물, 하기 화학식 2로 표시되는 화합물, 하기 화학식 3으로 표시되는 화합물, 및 하기 화학식 4로 표시되는 화합물로 이루어진 군으로부터 단독 또는 두 성분 이상을 일정한 비율로 혼합하여 제조한 실란 화합물, 또는 이로부터 제조되는 공중합체의 유기 실리케이트 고분자인 다공성 초저유전 배선 층간 절연막의 제조방법;

[화학식 1]

$RSiX_n$

[화학식 2]

R_2SiX_2

[화학식 3]

SiX_4

[화학식 4]

$Z_4Si-M-SiZ_4$

상기 화학식 1, 2, 3 및 4의 식에서,

R은 가수분해가 일어나지 않는 그룹의 알킬, 페닐, 또는 수소이고,

X는 가수분해가 가능한 그룹으로 염소, 알콕시, 또는 아세톡시이며,

Z는 각각 R 또는 X이고, 최소한 X가 각 실리온에 1개 이상 있고,

R은 탄소수 1~6의 알킬렌, 또는 페닐과 같은 알릴이다.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 b)단계의 경화온도가 150~350 ℃인 다공성 초저유전 배선-충간 절연막의 제조방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 c)단계의 가열온도가 350~450 ℃인 다공성 초저유전 배선-충간 절연막의 제조방법.

청구항 9

제 1 항 기재의 제조방법으로 제조되는 다공성 초저유전 배선-충간 절연막.

청구항 10

제 1 항 기재의 제조방법으로 제조되는 다공성 초저유전 배선-충간 절연막을 포함하는 반도체 소자.